

Tractament anaeròbi d'aigües residuals utilitzant microorganismes electrogènics: aproximació a les piles microbianes

Introducció

Les piles microbianes o *microbial fuel cells* (MFC) són uns sistemes bioelectroquímics que permeten l'obtenció d'energia elèctrica a partir d'energia química tenint com a catalitzador a un microorganisme electrogènic que oxida el combustible o matèria orgànica contaminant (font de l'energia química) i transfereix els electrons obtinguts a un electrode (ànode) el qual està connectat a un càtode a través d'un material conductor que conté una resistència al mig.

Disseny d'una pila microbiana

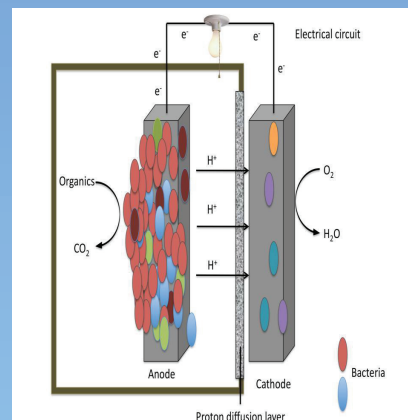
Una pila microbiana consisteix bàsicament en dos electrodes (ànode i càtode) cada un en una càmera diferent i separats per una membrana d'intercanvi de protons, però units a través d'un material conductor amb una resistència al mig de manera similar a qualsevol bateria. És quan hi ha una diferència de voltatge entre els dos electrodes que es produeix un corrent d'electrons que genera el potencial elèctric. Les parts són:

Ànode → és l'electrode que rep les càrregues negatives produïdes en les rutes metabòliques dels bacteris.

Càtode → és l'electrode receptor de les càrregues negatives que provenen de l'ànode. A més, dona els e⁻ a l'oxigen que juntament amb l'hidrogen generarà aigua.

Microorganismes → oxiden la matèria orgànica $C_{12}H_{22}O_{11} + 13H_2O \rightarrow 12CO_2 + 48H^+ + 48e^-$.

Membrana d'intercanvi de protons → separa les dues càmeres i només permet el pas de protons.



Comunitats microbianes

Hi ha una gran biodiversitat de gèneres microbians associats als ànodes de les piles microbianes, però no totes les comunitats associades participen activament ja que moltes fan servir metabòlits secundaris i només usen l'ànode com a suport per créixer. Dins les comunitats que sí que hi participen podem distingir dos tipus de bacteries electrogèniques: les que produeixen els seus propis mediadors redox, que són secretats al medi i reaccionen amb l'electrode, com és el cas de *Shewanella*. I el segon tipus són aquelles que interaccionen directament amb l'electrode sense mediador soluble, com és el cas de *Geobacter*, essent aquest el gènere millor estudiat donada la seva dominància dins les comunitats microbianes electrogèniques.

Aplicacions de les piles microbianes

Hi ha varies aplicacions de les piles microbianes com són els biosensors, la producció d'energia i d'hidrogen, però poder la més important és el tractament anaeròbic de les aigües residuals.

Tractament anaeròbic de les aigües residuals → El principal objectiu és la eliminació de la matèria orgànica contaminant gràcies al catabolisme bacterià el qual degrada la matèria orgànica en altres compostos més senzills i obté energia. El procés anaeròbic fermentatiu s'usa en els digestors EDAR ja que hi ha una elevada càrrega orgànica contaminant i la podem tractar sense generar fangs activats.

Què passa en el procés anaeròbic fermentatiu? La matèria orgànica es converteix en metà i diòxid de carboni quan no hi ha oxigen. Això té lloc en 4 etapes catalitzades per tres grups tròfics (bacteries hidrolítiques, acetogèniques i metanogèniques) que usen de manera secundària els metabòlits produïts pels altres grups tròfics. Les etapes són:

Hidròlisi → Els microorganismes només són capaços d'utilitzar la matèria orgànica soluble que travessa la membrana cel·lular. En aquesta etapa és on passem de molècules complexes com hidrats de carboni, proteïnes i lípids a compostos més senzills capaços de ser utilitzats com a substrat per a la digestió anaeròbica gràcies a l'actuació de bacteries hidrolítiques.

Acidogènesi → En aquesta etapa té lloc la fermentació de molècules orgàniques solubles de baix pes molecular a àcids grassos amb pocs carbonis i etanol. Exemple: àcid acètic, àcid butíric, àcid làctic.

Acetogènesi → En aquesta etapa obtenim acetat, hidrògen i diòxid de carboni a partir dels productes obtinguts a l'etapa anterior. Les reaccions que es produeixen en aquesta etapa són termodinàmicament favorables i poden ser inhibides degut a l'acumulació d'hidrogen i és per aquest motiu que es solen usar microorganismes homoacètics, ja que així consumeixen hidrogen i generen acetat i d'aquesta manera no tenim inhibició ja que mantenim una pressió baixa d'hidrogen.

Metanogènesi → És la etapa més delicada de totes ja que és més sensible a canvis de temperatura i de pH. També és la etapa més lenta i hi participen dos tipus de microorganisme, els quals difereixen depenent del tipus de substrat que consumeixen. Tenim els hidrogenotròfics que consumeixen hidrogen, CO₂ i àcid fòrmic; i després tenim els acetoclàstics que consumeixen acetat, metanol i amines.

Factors que afecten a l'eficiència

- Enriquiment de l'inòcul de microorganismes.
- Resistència externa.
- Distància dels electrodes.
- Aeració de la càmera catòdica.
- Addició NaCl a la càmera catòdica

Conclusions

L'ús de les MFC ens aporta un balanç positiu d'energia renovable alhora que netegem les aigües residuals de materials contaminants. Hem vist que poden operar de manera eficient a temperatura ambient i l'eficàcia és major que en altres tecnologies relacionades amb aquest camp.

No obstant, és una tecnologia que encara està en la seva infància, però que té una àmplia aplicació potencial en molts camps diferents.

Bibliografia

A. E. Franks and K. P. Nevin, *Energies* 3, 899 (2010).

Alumne: Alexandre González Alsina
Tutor: Jordi Mas Gordi
Facultat de Biociències. Grau en Microbiologia.